



PROGRAMA DE ASIGNATURA

Nombre del curso o actividad	ELECTIVO: REDES DE SENSORES INÁLAMBRICOS
Nombre del programa	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Automática
Descripción	<i>Código: 12503 / 12504 / 12506, Nivel: 2 o 3, Créditos SCT-Chile: 10, Tipo: Electiva, Res. Plan de Estudios: Resolución N°3618 del 15/07/25.</i> La asignatura Redes de Sensores Inalámbricos aborda los fundamentos teóricos y aplicados de las WSN, analizando su arquitectura, protocolos de comunicación, eficiencia energética, enrutamiento, direccionamiento y técnicas de localización de nodos. El curso integra estas tecnologías en el contexto de ciudades inteligentes, sistemas SCADA e infraestructura industrial, considerando estándares como IEEE 802.15.4, así como desafíos de seguridad, calidad de servicio y resiliencia.
Objetivos	• Analizar el estado del arte, las tendencias actuales y los desafíos futuros de las Redes de Sensores Inalámbricos (WSN) y su aplicación en ciudades inteligentes y sistemas industriales, a nivel nacional e internacional. • Analizar la arquitectura, componentes, dispositivos, sistemas operativos y modelos de comunicación de las WSN, considerando sus limitaciones de energía, escalabilidad y confiabilidad. • Evaluar protocolos de comunicación, acceso al medio, enrutamiento, nombramiento y direccionamiento utilizados en WSN, considerando estándares vigentes y requerimientos de desempeño. • Proponer soluciones de enrutamiento y gestión de recursos orientadas a optimizar la eficiencia energética, la calidad de servicio, la tolerancia a fallos y la seguridad en redes WSN. • Analizar y aplicar técnicas de localización y posicionamiento de nodos sensores, evaluando su impacto en el rendimiento global de la red. • Aplicar técnicas de modelamiento y simulación para evaluar el comportamiento, desempeño y eficiencia de redes WSN bajo distintos escenarios de operación. • Analizar la integración de WSN con sistemas SCADA, buses de campo y redes industriales, considerando aspectos de automatización avanzada, seguridad, resiliencia y responsabilidad profesional y ética.
Contenidos	Unidad 1: Ciudades Inteligentes Abiertas Analiza los fundamentos, arquitecturas y ejes estratégicos de las ciudades inteligentes abiertas, abordando las tecnologías de información y comunicación, la gestión y accesibilidad de datos, y los indicadores de desempeño y sustentabilidad. Se estudia el rol de las Redes de Sensores Inalámbricos como infraestructura habilitante para soluciones urbanas inteligentes. Unidad 2: Redes de Sensores Inalámbricos (WSN: Wireless Sensor Network) Examina los conceptos, características, arquitecturas y desafíos de las redes de sensores inalámbricos, incluyendo dispositivos, sistemas operativos, modelos jerárquicos y aplicaciones. Se analizan estándares y protocolos de comunicación utilizados en WSN, considerando sus ventajas, limitaciones y escenarios de aplicación. Unidad 3: Eficiencia Energética Aplicadas a las WSN Aborda técnicas y estrategias para optimizar la eficiencia energética en redes WSN,



	incluyendo enrutamiento eficiente, reducción de datos, esquemas de operación y tolerancia a fallos. Se analizan criterios de diseño de protocolos y se aplican técnicas de modelamiento y simulación para evaluar el desempeño energético de la red. Unidad 4: Nombramiento y Direccionamiento en las WSN Analiza los fundamentos y mecanismos de nombramiento y direccionamiento en redes WSN, considerando esquemas de asignación distribuida, direccionamiento basado en contenido y direccionamiento geográfico, y su impacto en la escalabilidad y desempeño de la red. Unidad 5: Localización y Posicionamiento de las WSN Estudia las técnicas y enfoques de localización y posicionamiento de nodos sensores, abordando métodos de uno y múltiples saltos, fundamentos matemáticos de la lateración y el impacto de la ubicación de anclajes en el rendimiento global de la red. Unidad 6: Sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition) Analiza los fundamentos, arquitectura y protocolos de los sistemas SCADA en el contexto de la Industria 5.0, considerando redes industriales, buses de campo, ciberseguridad, resiliencia y tendencias tecnológicas en sistemas de supervisión y control. Unidad 7: Buses de Campo Examina los conceptos, tipos y ventajas de los buses de campo, con énfasis en el protocolo CAN (Controller Area Network) y su evolución. Se analizan aplicaciones industriales y automotrices, sistemas de diagnóstico, electromovilidad y comunicaciones vehículo a vehículo (V2V).
Modalidad de evaluación	Resultado de Aprendizaje General: Realizar un proyecto aplicando los fundamentos de las tecnologías aplicadas a las Ciudades Inteligentes Abiertas, Redes de Sensores Inalámbricos con especial énfasis en la eficiencia energética, nombramiento, direccionamiento, localización y posicionamiento de estas redes, Sistemas SCADA y Buses de Campo comprendiendo la responsabilidad profesional, social y ética en todo contexto en que se desenvuelve. Resultados de Aprendizaje Específicos • Describir los fundamentos de las tecnologías de información la arquitectura, sus ejes estratégicos, sus tecnologías aplicadas a una ciudad inteligente abierta. • Describir el concepto, sus características, sus limitaciones, los sistemas operativos, los tipos de lenguaje de programación y las técnicas de diseño e implementación de los protocolos de una red WSN. • Proponer soluciones lógicas y físicas de algoritmos de enrutamiento que permitan optimizar la eficiencia energética aplicada a las WSN. • Describir los fundamentos, la gestión de nombres, direcciones, asignación distribuida de direcciones locales únicas y direccionamiento basado en contenido y direccionamiento geográfico aplicados a las WSN. • Analizar las técnicas de localización y posicionamiento de los nodos sensores. • Describir conceptualmente un sistema SCADA, su estructura, sus protocolos y los diversos problemas de seguridad de los sistemas SCADA dentro del concepto de la industria 5.0. • Describir el concepto de los buses de campo, los tipos de buses, sus ventajas, la evolución del protocolo CAN, sus características, sus protocolos, su arquitectura y la evolución de los buses



	de campo aplicados a la electromovilidad.
Resultados de aprendizajes esperados	Estrategias Metodológicas Dada la naturaleza del curso, se imparte enseñanza directa, se realizan trabajos de investigación en forma autónoma y presentaciones de los trabajos durante el semestre, donde al final en forma grupal se obtienen las conclusiones de los trabajos presentados. Evaluación Las Evaluaciones Formativas se aplican durante el proceso de aprendizaje, con el propósito de identificar el nivel de logro de los aprendizajes de los estudiantes y entregar retroalimentación de sus avances y de cómo mejorar. Se consideran entregas y presentaciones de avance de las respectivas investigaciones, informes, exposiciones de los casos analizados y de las soluciones planteadas a los problemas presentados. Evaluaciones Sumativas de tipo teórico – práctico incluye pruebas escritas, trabajos de investigación en forma individual y en equipos, elaboración de informes.
Bibliografía	Básica: • Fadi Al-Turjman. <i>Artificial Intelligence of Things (AIoT): Intelligent Systems for IoT</i>. Springer Nature, 2022. • Holger Karl, Andreas Willig. <i>Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks</i>. John Wiley & Sons, 2022. • H. Al-Kashoash. <i>Congestion Control for 6LoWPAN Wireless Sensor Networks: Toward the Internet of Things</i>. Springer, 2020. • H. Al-Kashoash, <i>Congestion Control for 6LoWPAN Wireless Sensor Networks: Toward the Internet of Things</i>, Edit. Springer International Publishing, 2020. • Theodore S. Rappaport y colaboradores. <i>Wireless Communications and Applications Above 100 GHz: Opportunities and Challenges for 6G and Beyond</i>. Wiley-IEEE Press, 2024. • O. Akande, <i>Industrial Automation from Scratch: A hands-on guide to using sensors, actuators, PLCs, HMIs, and SCADA to automate industrial processes</i>, Packet Publishing, 2023. • A. Almalawi, Z.Tari, A. Fahad, <i>Security: Machine Learning Concepts for Intrusion Detection and Prevention</i>. Wiley Series on Parallel and Distributed Computing, 2021. Recomendada: ---